

УДК 681.142

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2219-380412201552969>**Н. А. Яремчук<sup>1</sup>, завідувач кафедри, к.т.н., О. Ю. Годя<sup>2</sup>, асистент****МЕТОД ОЦІНЮВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ  
ЗА ВЕРБАЛЬНИМИ ОДИНИЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ З  
УРАХУВАННЯМ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ****En**

The quality of complex objects can be defined by a set of individual quality indicators that profile quality or integrated (complex) measure of quality is the result of association (aggregation) Quality Score profile. Merging can be considered individual weights of individual quality parameters that characterize their advantage.

In the article the methods that provide a comprehensive indicator of the quality of the facility when submitting his individual quality indicators on intervals and order scales (numerical and verbal) taking into account the weight coefficients of individual quality. For data submitted on scales intervals and scales associative manner task of evaluating complex quality solved using weighted average values of individual quality. To order scales can be used midpoint or median Walsh in the case where all the weights are equal to one.

To take into account the weight coefficients of the representation of individual quality indicators for numeric and verbal scales procedure proposed to use weighted profile, formed as a combination of weighted factors and categories of verbal scales, which include individual quality. For comprehensive measure of quality or verbal numerical scales suggested to use OWA operator or median Walsh (in the odd number of verbal indicators of quality). The results of verification obtained by using verbal-numeric scale.

**Ru**

Рассмотрены методы, позволяющие получить комплексный показатель качества объекта при представлении его единичных показателей качества по шкалам интервалов и порядка с учетом весовых коэффициентов единичных показателей качества. Для учета весовых коэффициентов при подаче единичных показателей качества по вербальным шкалами порядке предложено использовать взвешенный профиль, подлежащего оператору OWA для получения вербального комплексного показателя качества.

**Вступ**

Якість складних об'єктів може визначатись за сукупністю одиничних показників якості, тобто профілем якості, або інтегральним (комплексним) показником якості, що є результатом об'єднання (агрегування) показника якості (ПЯ) профілю. При об'єднанні можуть бути враховані вагові коефіцієнти окремих одиничних ПЯ, що характеризують їх перевагу.

<sup>1</sup> Національний технічний університет України "КПІ", кафедра інформаційно-виміральної техніки

<sup>2</sup> Національний технічний університет України "КПІ", кафедра інформаційно-виміральної техніки

Показники якості можуть відображатись за шкалами інтервалів, порядку і найменувань [1] в залежності від відношень між проявами властивостей, які характеризуються ПЯ. При відображенні за шкалами інтервалів властивість об'єкту є емпіричною системою з відношеннями еквівалентності „ $\sim$ ”, порядку „ $>$ ” і комбінування „ $\circ$ ” між інтервалами  $Q = \langle Q; \sim; > \circ \rangle$ , що у свою чергу відображається числовою системою  $N = \langle R; =; > + \rangle$ , де  $R$  - додатні числа.

Для визначення комплексного показника якості справедливі алгебраїчні операції за умов числових одиничних показників якості, поданих за шкалами інтервалів. Тоді комплексний показник якості (1), можна оцінити як середнє зважене одиничних показників [2]:

$$M = \sum_{i=1}^n \rho_i q_i, \quad (1)$$

де  $q_i$  – одиничний показник якості,  $\rho_i$  – ваговий коефіцієнт одиничного показника якості.

Такі ж самі відношення можна використовувати і для асоціативних шкал порядку.

Для шкал порядку властивість об'єкту є емпіричною системою  $Q = \langle Q; \sim; > \rangle$  з відношеннями еквівалентності „ $\sim$ ”, порядку „ $>$ ”, що у свою чергу відображається числовою системою  $N = \langle =; > \rangle$ . Отримані числові дані (у балах, рангах, тощо) не можна використовувати в алгебраїчних операціях. Тому для визначення комплексного показника якості (при умові, коли вагові коефіцієнти одиничних показників дорівнюють одиниці) за об'єднанням одиничних показників, що отримані за шкалою порядку, використовують адекватну статистику – медіану (2):

$$M = med(q'_i), \quad (2)$$

де  $q'$  – ранжовані одиничні показники якості.

Недоліком медіани є її велика невизначеність у порівнянні з середнім арифметичним, особливо при малій кількості показників у профілі. Для підвищення точності в статті [9] запропоновано використовувати медіану Уолша.

В статті [3] запропоновано визначати комплексний показник якості за допомогою інтервалів, до яких відносять суму рангів одиничних показників якості. При цьому вагові коефіцієнти також не враховуються.

Але задача оцінювання комплексного показника якості за одиничними показниками якості, поданими за числовими шкалами порядку з урахуванням вагових коефіцієнтів, залишається невирішеною, ще більше проблем виникає при вирішенні аналогічної задачі за вербальними одиничними показниками якості.

### Постановка задачі

Запропонувати метод знаходження комплексного показника якості за одиничними показниками якості, поданими за вербальними шкалами порядку, з урахуванням вагових коефіцієнтів, що можуть бути відмінними від одиниці.

### Метод оцінювання комплексного показника якості за вербальною шкалою

Агрегування вербальних одиничних показників якості може бути проведено за допомогою оператора OWA [4,5], що є емулятором середнього арифметичного для вербальних даних і визначається як:

$$OWA = \underset{k=1}{\overset{n}{Max}}[Min(Q(k), q_k)], \quad (3)$$

де  $Q(k)$  – вагова функція оператора OWA,  $Q(k) = S(f_k)$ ,

$$S(f_k) = Int \left\{ 1 + \left[ k \cdot \frac{t-1}{n} \right] \right\},$$

$S(f_k) - f_k$  – рівень вербальної шкали,

$k$  – номер показника в профілі,

$Int\{\cdot\}$  – функція, що дає найближче ціле число  $\{\cdot\}$ ,

$t$  – кількість точок (якщо шкала дискретна) або класів еквівалентності шкали (шкала квазіпорядку),

$n$  – кількість одиничних показників в профілі якості,

$q_k$  – одиничний показник профілю ранжованого за зменшенням рівня якості.

Але при використанні формули (3) можливі ситуації, коли результат визначення елементів вагової функції неоднозначний, наприклад,  $S(f_k) = E\{1,5\}$ . В цьому випадку треба задавати ще правило заокруглення. Тому авторами запропоновано використовувати оператор OWA, вагова функція якого визначається як  $S(f_k) = E \left\{ 1,5 + \left[ k \cdot \frac{t-1}{n} \right] \right\}$ , де  $E\{\cdot\}$  – ціле число.

Наприклад, якщо вербальна шкала показників якості складається з трьох рівнів якості («Низький» – Н, «Середній» – С, «Високий» – В), а профіль якості включає шість одиничних показників якості, тоді:  $n=6$ , а  $t=3$  (3). Візьмемо ситуацію, коли два одиничних показники якості відповідають рівню «Високий», три показники якості відповідають рівню «Середній», а один показник якості відповідає рівню «Низький». Тобто ранжований профіль якості за прийнятою шкалою буде  $\{VBCCCH\}$ . Постає задача

визначення комплексного показника якості за прийнятою шкалою, у відповідності з формулою (3) отримуємо:

$$\left. \begin{aligned} S(f_1) &= E\{1,5 + [1 \cdot \frac{3-1}{6}]\} = 1(H) \\ S(f_2) &= E\{1,5 + [2 \cdot \frac{3-1}{6}]\} = 2(C) \\ &\dots\dots\dots \\ S(f_6) &= E\{1,5 + [6 \cdot \frac{3-1}{6}]\} = 3(B) \end{aligned} \right\} Q(k) = \{HCCCBV\},$$

$$OWA = \max_{k=1}^6 [Min(HCCBBV, VBCCCH)] = C.$$

В результаті отримано комплексний показник з вербальною оцінкою «С» – «Середній». Але при цьому вагові коефіцієнти одиничних показників якості були однакові і дорівнювали 1.

### Визначення вербального комплексного показника якості з урахуванням вагових коефіцієнтів

Для визначення комплексного показника якості за одиничними показниками з урахуванням їх вагових коефіцієнтів в даній статті запропоновано метод з наступною послідовністю дій:

1. У відповідності з ваговими коефіцієнтами (що є цілими числами) формується зважений профіль.
2. За «зваженим» профілем і оператором OWA отримуємо вербальну категорію шкали, до якої віднесено комплексний показник якості.

#### Формування “зваженого” профілю

«Зважений» профіль якості формується як комбінація вагових коефіцієнтів і категорій вербальної шкали, до яких віднесено одиничні показники якості. Наприклад, в табл. 1 наведено вербальні одиничні показники і відповідні їм вагові коефіцієнти, що представлені цілими числами, а зважений профіль отримується як комбінація одиничних показників якості з ваговими коефіцієнтами.

Таблиця 1.

Етапи формування “зваженого” профілю якості

Вербальні одиничні показники	Значення вагового коефіцієнту, $\rho_i$	Вагові коефіцієнти, представлені цілими числами	Комбінація одиничних показників і вагових коефіцієнтів	«Зважений» профіль якості
С	0,1	1	С	CHB
Н	0,1	1	Н	BCC
				CBV
				B

## Розділ 1. Інформаційні системи

Вербальні одиничні показники	Значення ва- гового коефі- цієнту, $\rho_i$	Вагові коефі- цієнти, пред- ставлені ціли- ми числами	Комбінація оди- ничних показни- ків і вагових ко- ефіцієнтів	«Зваже- ний» профіль якості
В	0,2	2	ВВ	
С	0,1	1	С	
С	0,2	2	СС	
В	0,3	3	ВВВ	

### **Визначення комплексного показника якості за категоріями вербальної шкали**

Зважений і ранжований профіль якості запропоновано подавати як послідовність категорій шкали, до яких віднесено показники якості, у відповідності до вагових коефіцієнтів. Для табл. 1 профіль якості {СНВССВ} з урахуванням вагових коефіцієнтів метрик трансформується в профіль {СНВВСССВВВ} вагова функція OWA:  $Q(k=10) = \{ННСССССВВВ\}$ , а результат оцінювання вербального рівня якості за OWA:

$$OWA = \max_{k=1}^{10} [Min(ННСССССВВВ, ВВВВССССН)] = С.$$

В результаті отримано комплексний показник якості, що відповідає рівню якості „Середній”.

### **Верифікація представленого методу**

Верифікацію представленого методу було проведено з використанням вербально-числових шкал. Для наведеного в статті прикладу використовувалась шкала рис. 1, яка була отримана в результаті проведення процедури арифметизації вербальної шкали [6 - 8].

Вербальна шкала (рівень якості)	«Низький» (Н)	«Середній» (С)	«Високий» (В)
Дискретна шкала	0,125	0,5	0,875
Числова шка- (точки)			
ла (значення Шкала квазіпорядку	[0-0,25]	[0,25-0,75]	[0,75-1]
показника) (класи еквівалентно- сті)			

Рис. 1. Вербально-числова шкала дискретна та квазіпорядку

Визначення комплексного показника було проведено за числовою шкалою (1) з використанням вагових коефіцієнтів (табл. 1) і за вербальною шкалою з застосуванням зваженого профілю.

Таблиця 2.

Порівняння агрегування одиничних показників якості

Одиничні показники		Результат оцінювання комплексного показника агрегування		
за верб. шкалою	за числовою шкалою	з використанням середнього зваженого	з використанням медіани «зваженого» профілю, або медіани Уолша	«зваженого» профілю з використанням OWA
С	0,7	0,62	«В, С»	С
Н	0,2			
В	0,8	За вербально-числовою шкалою «Середній»	Між «Середній» та «Високий», за вербально-числовою шкалою «Середній»	За вербально-числовою шкалою «Середній»
С	0,3			
С	0,5			
В	0,8			

Для порівняння комплексний показник якості профілю {СНВССВ} було отримано наступними способами: агрегування з використанням середнього зваженого (1), з використанням медіани «зваженого» профілю, або медіани Уолша, та агрегування за оператором OWA «зваженого» профілю. В результаті визначено, що комплексний показник відповідає вербальному рівню «С» за шкалою рис. 1, тобто результати збігаються для агрегування з використанням середнього зваженого та OWA. При цьому агрегування з використанням медіани «зваженого» профілю, або медіани Уолша для профілю з парною кількістю показників у профілі, не завжди забезпечує однозначний результат, наприклад, комплексний показник табл. 2 «В, С» знаходиться між градаціями «Середній» та «Високий».

## Висновки

Вирішена задача знаходження комплексного показника якості за одиничними показниками якості, що подані за вербальними шкалами порядку з урахуванням вагових коефіцієнтів (які можуть бути відмінними від одиниці) окремих одиничних показників якості, а саме для врахування вагових коефіцієнтів при поданні одиничних показників якості за числовими і вербальними шкалами порядку запропоновано використовувати зважений профіль, що є комбінацією відповідних категорій шкали і вагових коефіцієнтів. Для отримання комплексного показника якості за числовою або вербальною шкалами запропоновано використовувати оператор OWA або медіану Уолша (при непарній кількості вербальних показників якості). Наведено результати верифікації отриманого методу з застосуванням вербально-числової шкали.

## Список використаної літератури

1. Государственная система обеспечения единства измерений. Применение «Шкалы измерений. Термины и определения».: РМГ 83-2007. – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 24 с.
2. Оценка качества программных средств. Общие положения.: ГОСТ 28195–89. – [Введ. 01.07.90]. – М.: Изд – во стандартов, 1990. – 30 с.
3. *Yaremchuk N.* Evaluation of a complex quality index using numerical and verbal ordinal scale / N. Yaremchuk, O. Redyoga (Goda) // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2014. – №67. – с. 58-62.
4. *Franceschini F.* Ordered Samples Control Charts for Ordinal Variables/ F. Franceschini, M. Galetto, M. Varetto // Quality and Reliability Engineering International. –2005. – V21. – Issue 2. – p. 177–195.
5. *Яремчук Н. А.* Особливості арифметизації дискретних вербальних шкал / Н. А. Яремчук, О. М. Сікоза, О. Ю. Редьога (Года) // Механіка гіроскопічних систем. – 2012. – №25. – с. 61-67.
6. *Яремчук Н. А.* Підвищення точності встановлення комбінованих ординальних шкал / Н. А. Яремчук, О. Ю. Редьога (Года) // Метрологія та прилади. – 2013. – №2 II (41). – с. 274-278.
7. *Хованов Н. В.* / Математические основы теории шкал измерения качества . – Ленинград, 1982. – 169с.
8. *Яремчук Н. А.* Обчислення невизначеності при експертному оцінюванні вагових коефіцієнтів з використанням медіани Уолша / Н. А. Яремчук, О. Ю. Редьога (Года) // Системи обробки інформації. – 2012. – №1(99). – с. 17-20.

УДК 004.382.2

DOI: <http://dx.doi.org/10.20535/2219-380412201545935>І. Г. Калюжний<sup>3</sup>, бакалаврСИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ СУПЕРКОМП'ЮТЕРІВ.  
ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ**En**

Supercomputers are computers, that have a huge amount of memory and consist of a large number of processors perform parallel calculations. Elements of this infrastructure characterized by the consumption of large amounts of electricity, while a significant amount of heat are allocated.

Energy costs of this system requiring a powerful and flexible specialized cool-

<sup>3</sup> Національний технічний університет України "КПІ",  
факультет інформатики та обчислювальної техніки